

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIOS APLICADO A BIBLIOTECAS

PRODUCT DEVELOPMENT PROJECT FOR FIRE FIGHTING SYSTEM APPLIED TO LIBRARIES

Geovana Pires Lima*  E-mail: gpalima@uesc.br

Caio Leonardo Ferreira dos Santos*  E-mail: clfsantos.ep@uesc.br

Sabrina Pereira Farias Fernandes*  E-mail: spffernandes.ep@uesc.br

Luiza de Souza Ferreira*  E-mail: lsferreira.ep@uesc.br

Daniel Pires Araújo Lima*  E-mail: dpalima@uesc.br

*Universidade Estadual de Santa Cruz (Uesc), Ilhéus, Bahia.

Resumo: A descoberta do fogo auxiliou o ser humano a sobreviver. Nesse sentido, ao longo da história o seu uso foi cada vez mais expandido, como para proteção, aquecimento, iluminação e também a preparação de alimentos, porém o poder destrutivo dos incêndios trouxe perdas imensuráveis ao longo da história, sendo um grave problema atualmente. Nesse contexto, esse trabalho apresenta uma proposta de solução auxiliar para incêndios em bibliotecas, cujos livros são altamente inflamáveis e não pode ser protegido com agentes extintores mais usuais, como água, visto que também prejudica a integridade deles. Para tanto, empregou-se o processo de desenvolvimento de produtos, em que foi elaborado o projeto informacional e conceitual. Inicialmente, foi realizada a definição do problema, mapeada as necessidades dos clientes e então convenção destas necessidades em requisitos de engenharia. No intuito de obter assertividade na elaboração da solução final e embasar todo o processo, utilizou-se algumas ferramentas e matrizes como: matriz QFD, morfológica e a TRIZ. Ao final do processo, foi proposto um conceito de produto de acionamento automático, independente de ação humana, que se trata de um dispositivo disposto acima das estantes, com sensores de temperatura ou fumaça, que quando acionados liberam uma manta abafadora que cobre toda extensão da estante, visando a proteção dos documentos dispostos nas estantes, conservando esses materiais apropriadamente, além de retardar o avanço do fogo, até o acionamento de mecanismos de combate. Para maior estudo e compreensão das possibilidades de aplicação da solução sugere-se a sua prototipação e teste.

Palavras-chave: Incêndio. Bibliotecas. Produto. Inovação.

Abstract: The discovery of fire has helped human beings to survive. Throughout history its use has been increasingly expanded, such as for protection, heating, lighting and also for the preparation of food, but the destructive power of fire has brought immeasurable losses. In this context, this work introduces a proposition for an auxiliary solution to fires in libraries, whose books is highly flammable and cannot be protected with the usual extinguishing agents, such as water, since this would also damages the integrity of them. To this end, the product development process was used, in which the informational and conceptual project was drawn up. Initially, the problem was defined, the customer's needs were mapped and then these needs were converted into engineering requirements. Some tools and matrices were used, such as the QFD matrix, the morphological matrix and the TRIZ, in order to obtain assertiveness in the development of the final solution and provide a basis for the entire process. At the end, a concept was proposed for an automatically activated product, independent of

human action, which is a device placed above the shelves, with temperature or smoke sensors, which, when activated, release a smothering blanket that covers the entire length of the shelf, with the aim of protecting the documents placed on the shelves, preserving these materials properly, as well as slowing down the progress of the fire until the fire-fighting mechanisms are activated. For further study and understanding of the solution's application possibilities, prototyping and testing is suggested.

Keywords: Fires. Library. Product. Innovation.

1 INTRODUÇÃO

Desde a pré-história, passando pela idade média até os dias atuais, o fogo sempre esteve presente. Sua descoberta revolucionou a forma que homens haviam se adaptado a viver, possibilitando auxílio térmico, proteção e iluminação. No entanto, desde os primórdios seu poder destrutivo também é notado e temido.

Os incêndios podem acometer estruturas, florestas, vegetações rasteiras, veículos, entre outros (Brushlinsky *et al.*, 2019). Podendo causar perdas de vidas, bens e patrimônios históricos e culturais. Este trabalho concentra-se em incêndio em bibliotecas. Nestes ambientes, verifica-se que o acervo presente nas bibliotecas possui alta carga de incêndio, favorecendo a dispersão do fogo, além disso, possui restrições para o combate, pois a água pode destruir o acervo tal quanto o fogo.

As perdas que acontecem numa biblioteca ultrapassam o valor financeiro, afinal trata-se de artefatos que contém grande significado cultural, muitas vezes exemplares únicos de histórias, fatos, memórias de vidas e acontecimentos passados que se perdem e não podem mais ser recuperados. Além disso, sabe-se que são ambientes frequentados comumente por pessoas, principalmente, as localizadas em escolas e universidades, o que pode acarretar risco à vida humana também. O Quadro 01 apresenta exemplos de incêndios em bibliotecas que ocorreram no Brasil ao longo dos anos:

Quadro 1 – Registros de incêndios em bibliotecas no Brasil

LOCAL DO INCÊNDIO	DATA DO INCÊNDIO	PREJUÍZO ESTIMADO
Biblioteca da Faculdade de Direito da USP	Fevereiro 1880	Não contabilizado
Biblioteca da UFBA	Março 1905	Cerca de 22 mil em acervo e 14 mil em obra
Biblioteca pública da Bahia	Janeiro 1912	Em torno de 60 mil em acervo
Biblioteca Pública do Amazonas	Agosto 1945	Aproximadamente 45 mil em acervo

Biblioteca do Santuário do Caraça	Maio 1968	Cerca de 35 mil em acervo
Biblioteca do DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral)	Maio 1973	Aproximadamente 290 mil em acervo

Fonte: Adaptado de Almeida (2021).

Atualmente existem inúmeros dispositivos de prevenção, detecção e combate a incêndios, porém em um local como bibliotecas que possuem restrições, as formas de proteção e extinção ficam limitadas. Como sistemas de combate como sprinkler, hidrantes e mangotinhos que fazem a utilização de água, não são adequados para a utilização em bibliotecas, pois a água é tão prejudicial ao acervo quanto o próprio fogo. Dessa forma, o método mais eficaz seria o de abafamento, ou seja, retirar o oxigênio do ambiente, todavia devido aos locais serem frequentados por pessoas, elimina-se a possibilidade de utilizar esse recurso. Existe também o método químico que consiste em agentes químicos que entram em contato com a mistura inflamável formada anteriormente pelo combustível, transformando-a em não inflamável, no entanto trata-se de uma solução consideravelmente cara e, portanto, inadequada para o contexto das bibliotecas do Brasil (OMITIDO PARA AVALIAÇÃO CEGA).

Nessa perspectiva, verifica-se a importância da criação de um dispositivo de supressão de incêndio que seja primeiramente eficaz na extinção do fogo, utilizando meios que não agridam e degradem os artefatos presentes na biblioteca, e que ao mesmo tempo seja acessível a aquisição do mesmo por parte das instituições públicas e/ou privadas que desejem usá-lo. A construção de tal dispositivo está diretamente relacionada com o PDP, que será abordado na próxima seção.

2 DESENVOLVIMENTO

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) consiste utilizado para idealizar um novo produto, levando em consideração as necessidades do mercado e as oportunidades de inovação. Esse método consiste em um conjunto de ações direcionadas e previamente definidas, com o objetivo de gerar um produto que seja a solução para um problema existente e analisado. É importante que esse produto tenha especificações e cumprimento de requisitos, para que haja capacidade e viabilidade de produção (Rozenfeld *et al.*, 2006; Varnier; Fettermann; Merino, 2021).

O Processo de desenvolvimento de produto é estruturado em três fases principais: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. A fase de pré-desenvolvimento envolve o planejamento do produto e do projeto. A fase de desenvolvimento envolve o projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado, preparação da produção e lançamento do produto (Rozenfeld *et al.*, 2006). Por sua vez, a etapa de pós-desenvolvimento contempla a fase de acompanhamento do produto e processo e, descarte do produto.

2.1 Projeto Informacional

Com base nas informações obtidas por meio da fase de planejamento, feita para o estabelecimento dos parâmetros do produto, o projeto informacional visa definir parâmetros mensuráveis que o produto deve possuir (De Falani, 2019). Esse grupo de informações são chamadas de “especificações-meta do produto”, e servirão de guia para a tomada de decisões acerca do desenvolvimento do produto para que as necessidades dos clientes sejam atendidas. De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), as especificações-meta de um produto são características mensuráveis e que podem ser analisadas de forma quantitativa que devem conter no produto final. Segundo Reis (2003), divide-se em seis etapas bem determinadas, desde pesquisar informações sobre o tema, identificar as necessidades dos clientes, estabelecer os requisitos dos clientes e do projeto, hierarquizar os requisitos do projeto até estabelecer as especificações do projeto. Seguindo esses passos, obtém-se o projeto informacional e há condição para seguir para a próxima etapa.

A priori, tem-se a atualização da fase do Plano do Projeto Informacional de forma que haja conformidade com as etapas de planejamento do projeto, essa atividade é realizada ao início de cada fase. Após isso, são levantadas informações sobre o produto que auxiliarão a equipe envolvida no projeto a entender de forma clara o problema, objetivo e restrições associadas ao produto que será desenvolvido. Para isso, é feito um estudo detalhado, por meio de documentos, entrevistas e questionários, sobre os produtos já existentes no mercado, as tecnologias disponíveis e levantamento do problema. Vale salientar a necessidade de uma definição clara do problema, para que os esforços empregados não sejam

desperdiçados com a solução final de um problema diferente do que foi proposto inicialmente.

Em seguida, tem-se a necessidade de especificar o ciclo de vida do produto e identificar seu público alvo. Essa atividade tem como objetivo estruturar o ciclo de vida, que compreende etapas macros de desenvolvimento, manufatura, manutenção, desativação e descarte. Além disso, nessa atividade são definidos os clientes do projeto, que estão presentes em várias fases do ciclo de vida e são classificados em clientes internos, clientes externos e clientes intermediários.

Logo depois, deve-se levantar informações, por meio de entrevistas ou observações, sobre as necessidades do cliente que mais tarde serão agrupadas e classificadas. Assim, o próximo passo é traduzir a subjetividade das necessidades dos clientes em demandas técnicas e mensuráveis, chamadas de requisitos do produto. Ainda nessa atividade, devem ser definidas também as especificações-meta do produto, que são parâmetros mensuráveis e auditáveis por meio dos valores-meta, ou seja, números que permitem medir e controlar o desempenho desejável. Para a determinação dessas informações e parâmetros, utiliza-se a Matriz QFD (Quality Function Deployment) como ferramenta. A finalização da fase do projeto informacional está diretamente relacionada ao monitoramento da viabilidade econômica e adequação das especificações obtidas ao custo-meta do produto.

2.2 Projeto Conceitual

O projeto conceitual é uma etapa crucial no desenvolvimento de produtos, onde são criadas soluções alinhadas às necessidades dos clientes para atender suas expectativas (De Falani, 2019). Nessa fase, são definidas as concepções principais e as ideias que irão guiar todo o PDP. Pahl e Beitz (1996) afirmam que o projeto conceitual envolve a definição das funções do produto, da estrutura geral, dos princípios de funcionamento e das soluções técnicas básicas. Nesse processo, é essencial considerar não apenas as necessidades do usuário, mas também as restrições técnicas e de negócios.

O objetivo principal do projeto conceitual é transformar as necessidades do mercado em um conceito claro e definido de produto. Isso inclui a identificação das

necessidades dos clientes, as tendências do mercado, as capacidades da organização e as oportunidades do negócio (Rozenfeld *et al.*, 2006). Durante o projeto conceitual, as principais atividades incluem a geração de ideias criativas, a ilustração do protótipo e a escolha de resoluções adequadas à situação identificada (Pagan; Da Silva; Mello, 2013, p. 1094). Ulrich e Eppinger (2015) destacam que o projeto conceitual é o processo de estabelecer os objetivos a serem alcançados e as restrições do produto, para que assim, seja possível gerar uma grande quantidade de possíveis soluções na tentativa de atender a esses objetivos e restrições visando sempre as necessidades do cliente e do mercado.

O projeto conceitual pode ser realizado por meio de diversas técnicas e ferramentas, como brainstorming, mapa mental, prototipagem rápida, análise morfológica, entre outras. A escolha da técnica mais adequada deve considerar as características específicas do projeto e das equipes envolvidas. Durante o projeto conceitual, são definidos diversos aspectos do produto, como sua funcionalidade, forma, estilo, cores, materiais, custos, preço e público-alvo. Também são realizados estudos de viabilidade técnica, financeira e de mercado, para avaliar a viabilidade do produto e determinar sua estratégia de lançamento. Ao final do projeto conceitual, espera-se ter um conceito claro e definido de produto, que sirva como guia para as etapas seguintes do processo de desenvolvimento, como o projeto detalhado, a prototipagem e os testes de mercado (Rozenfeld *et al.*, 2006).

2.3 Matriz QFD

O desdobramento da função qualidade QFD (Quality Function Deployment), consciente em um mecanismo desenvolvido no Japão que visa colaborar para o entendimento das diferentes definições do produto, orientados ao cliente (Ginting *et al.*, 2020). Para a elaboração do PDP, a Matriz QFD pode auxiliar na definição e características sobre o produto, comunicação assertiva entre os participantes do projeto, redução do ciclo de desenvolvimento do produto, além de traduzir e transformar os requisitos dos clientes em requisitos dos produtos.

Dentre as diversas versões da Matriz QFD, as abordagens amplamente difundidas foram apresentadas por Akao (1990), ASI (1993) e King (1989) Aqui será descrito o modelo difundido por ASI, conhecido como Casa da Qualidade.

Figura 1 – Estrutura da matriz QFD



Fonte: Adaptado Rozenfeld *et al.* (2006, p.227).

Com base a Figura 1, observa-se que existem algumas etapas:

1. Requisitos dos clientes: Definição de quem serão os clientes e o que eles esperam do produto, ouvir a voz do cliente.
2. Importância: Avaliação do grau de importância do requisito.
3. Benchmarking Competitivo: Processo de comparação entre a solução em desenvolvimento e soluções existentes.
4. Requisitos do Produto: Tradução dos requisitos dos clientes em requisitos do produto, requisitos técnicos.
5. Matriz de Relacionamentos: Análise da existência e grau da relação entre as necessidades dos clientes e os itens do projeto.
6. Quantificação dos Requisitos do Produto: Classificação da intensidade de relação dos requisitos na matriz, para formar o conjunto de especificações.

7. Matriz de Correlação: Entendimento da natureza, efeitos e intensidades dos requisitos.

Esta ferramenta possibilita a identificação dos requisitos de maior impacto no projeto, e também a verificação de requisitos conflitantes (Hauser; Clausing, 1988; King, 1989; Akao, 1990). A Matriz QFD pode ser combinada com a matriz TRIZ, com intuito de identificar possíveis soluções de forma criativa para as contradições verificadas.

2.4 TRIZ

Os Métodos Heurísticos são conhecidos como métodos para soluções de problemas, e são baseados em quebrar um problema em partes menores a fim de facilitar a resolução dele. Entre os Métodos Heurísticos não computacionais, tem-se a TRIZ, que tem seu nome originado da língua russa e significa “Teoria da Solução de Problemas Inventivos” e foi desenvolvida por Altshuller, aproximadamente em 1946.

O objetivo da TRIZ é sistematizar o processo de criação de ideias inovadoras para solucionar problemas de requisitos conflituosos, e possui elaboração baseada nos métodos heurísticos (De Mello, 2012). Para solucionar problemas de forma criativa com a TRIZ é necessário passar por quatro etapas:

1. Problema específico.
2. Problema abstrato.
3. Solução abstrata.
4. Solução específica.

Durante esse processo são encontradas contradições, ou requisitos conflitantes, e elas podem ser caracterizadas em três tipos:

1. Contradições Administrativas: Acontece quando não se tem o conhecimento do percurso a ser percorrido para chegar ao final desejado, sabe-se o ponto inicial e o final, mas não o caminho.
2. Contradições Físicas: Ocorre quando a mudança em um requisito causa o aumento ou diminuição da influência de outro requisito.

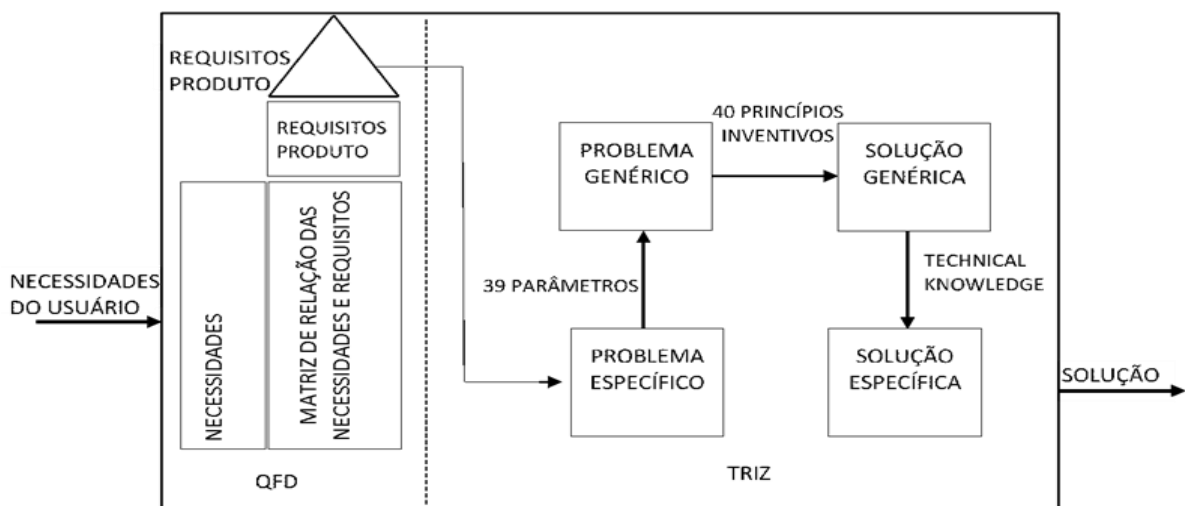
3. Contradições Técnicas: Conflito entre dois subsistemas que pode criar, intensificar, reduzir ou eliminar algum requisito.

De modo a tornar a utilização da TRIZ mais simples, Altshuller criou os 40 princípios inventivos (Altshuller, 2000). Esses princípios são um compilado de diversas soluções encontradas ao longo do tempo, e são usados na matriz TRIZ, como forma de apoiar a resolução de problemas, o desenvolvimento de soluções inovadoras, e a resolução de conflitos de gestão (Chen; Kamarudin; Yan, 2021).

2.5 Integração QFD e TRIZ

Como foi exposto, a Matriz QFD, em seu telhado da casa da qualidade, possibilita analisar a relação entre os requisitos dos clientes, e identificar possíveis conflitos entre eles. Nessa linha, Ishak; Sivakumar e Mansor (2018) e Yang *et al.* (2021), propõem a solução dessas contradições com a aplicação da TRIZ. Assim, após preencher o telhado da casa da qualidade, consegue-se apontar as contradições, e com isso, utiliza-se a TRIZ para identificar os princípios inventivos e propor soluções para essas contradições definidas no QFD, conforme a Figura 2 abaixo:

Figura 2 – Estrutura do Desdobramento da Função Qualidade



Fonte: Adaptado de SHAOBO *et al.*, 2009.

A integração dessas duas ferramentas permite solucionar problemas que são identificados no QFD, já que é possível explorar soluções em diferentes áreas do conhecimento. (Yang *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020; Liu; Cheng, 2016; Yeh; Huang; Yu, 2011; Naveiro; Oliveira, 2018; Weijie, 2020). O QFD integrado com a TRIZ é utilizado não para a elaboração de uma nova solução, mas também para a melhoria de processos (Silva, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa foi adaptado o método proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), para as etapas de projeto informacional e conceitual. O Quadro 2 apresenta as atividades, tarefas, métodos e ferramentas utilizadas em cada fase do desenvolvimento do projeto.

Quadro 2 –Atividades, tarefas, métodos e ferramentas de cada fase

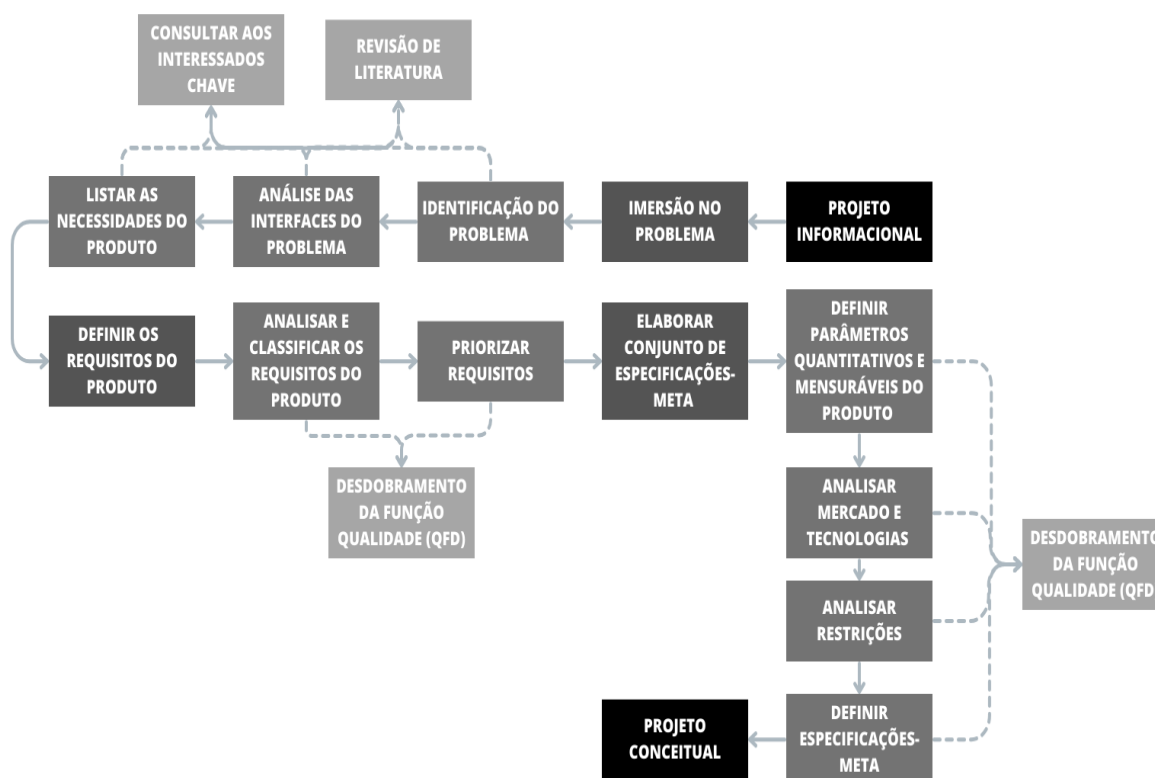
Fase	Atividades	Tarefas	Métodos e ferramentas
Projeto Informacional	Imersão no problema	Identificação do problema Análise das interfaces do problema Listar as necessidades do produto	Revisão de literatura Consultar aos interessados chave
	Definir os requisitos do produto	Analisar e classificar os requisitos do produto Priorizar requisitos	Matriz QFD
	Elaborar conjunto de especificações-meta	Definir parâmetros quantitativos e mensuráveis da solução Estudo do perfil dos clientes e tecnologias existentes Examinar limitações Especificar especificações-meta	Matriz QFD
Projeto conceitual	Modelar o produto funcionalmente	Analisar as especificações - meta Identificar as funções Especificar a função global Criar estruturas funcionais alternativas Selecionar estrutura funcional	Função Global Sínteses Funcionais
	Desenvolver princípios de soluções para o produto	Definir efeitos físicos Definir portadores de efeitos	Matriz morfológica Matriz TRIZ
	Definir arquitetura do produto	Combinar soluções para as funções destacadas na matriz morfológica	Geração de conceitos
	Selecionar a concepção do produto	Analisar as concepções alternativas Valorar as concepções alternativas Selecionar a concepção	Matriz de decisão

	Analisar conceito selecionado	Avaliar o atendimento dos requisitos	Matriz de atendimento dos requisitos
--	-------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Fonte: Adaptado Rozenfeld *et al.* (2006, p.227).

No intuito de ilustrar o PDP, foram criados fluxogramas onde cada cor representa as classes de: Fase, atividades, tarefas e métodos/ferramentas. As linhas contínuas representam o processo real, as linhas pontilhadas representam os métodos e ferramentas para execução da tarefa. Por exemplo, as tarefas de identificação do problema, análise das interfaces do problema e listar as necessidades do produto, possuem como ferramentas/métodos a revisão de literatura e a consulta de interessados chave para sua execução. Conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Etapas do projeto informacional



Fonte: Adaptado Rozenfeld *et al.* (2006).

Inicialmente foi feita uma imersão no problema com intuito de levantar todas as informações pertinentes sobre incêndios em bibliotecas, e conhecer em detalhes o problema e suas interfaces. Isso foi possível através de leituras de artigos publicados sobre o tema, pesquisa de matérias sobre incêndios que ocorreram ao longo dos anos, buscando entender os principais prejuízos para as instituições lesadas com perdas de bens materiais e patrimônio de valor inestimável. Em seguida, os interessados chave foram consultados com o objetivo de levantar as principais necessidades do produto, transformando as suas vivências e experiências em ações que o produto precisava de alguma maneira cumprir para que fosse socialmente relevante.

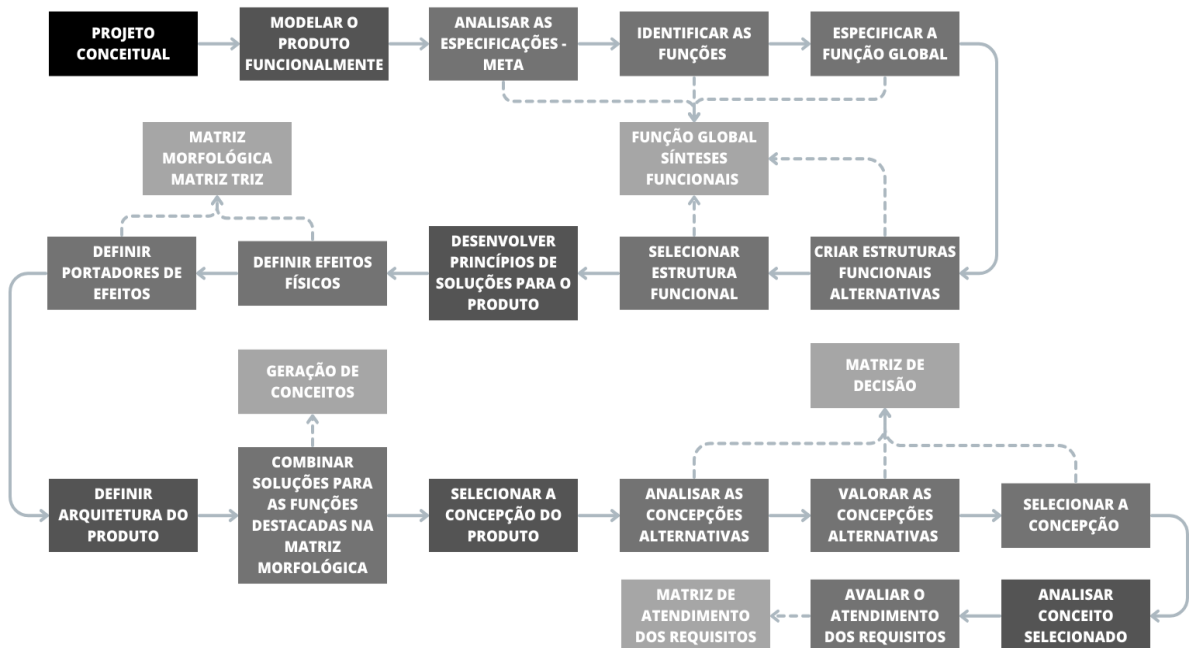
Importante salientar que a pesquisa que deu origem ao presente artigo foi submetida e autorizada em 08 de junho de 2021 pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC) - Senai/ Bahia (OMITIDO PARA AVALIAÇÃO CEGA) e recebeu o número CAAE 46254821.2.0000.9287. Só após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, as entrevistas foram realizadas, e os resultados avaliados.

Levantadas as necessidades do produto, estas foram convertidas em requisitos de engenharia. O processo de compreensão de como os requisitos poderiam coexistir e serem atendidos da melhor maneira considerando a ordem de importância, se deu com o auxílio da ferramenta QFD. Esse processo foi dividido em duas etapas: primeiramente foi atribuída uma nota (01, 03 ou 06), na qual 01 representa fraca, 03 representa média e 06 representa forte, para estabelecer a relação entre as necessidades e os requisitos criados; em um segundo momento, definiu-se a relação (muito negativa, negativa, neutra, positiva e muita positiva) entre os próprios requisitos gerando um ranque dos principais requisitos, e identificação dos que são conflitantes, afim de buscar possíveis soluções para os conflitos inventivos. A matriz TRIZ que foi elaborada anteriormente, é uma importante ferramenta para auxiliar esses conflitos visto que, demonstra através de imagens e figuras, a visualização do problema e a compreensão de como driblá-lo com soluções.

A fase seguinte foi de projeto conceitual, ilustrada na Figura 4. Inicialmente foi feita a modelagem funcional da solução e em seguida foram definidas suas sínteses funcionais. Para cada função foram propostas soluções, gerando uma matriz morfológica. A combinação das soluções propostas na matriz morfológica gerou conceitos, tendo sido selecionado o conceito que atende melhor aos requisitos do produto, definidos na etapa de projeto informacional. Para isso visitou-se uma biblioteca universitária, para que fosse possível visualizar e entender quais aspectos geram os riscos, quais os pontos cruciais de proteção, os fatores que não são atendidos pelos produtos já disponíveis como também o porquê não são e buscar visualizar uma solução diante das necessidades que aquele local em si apresentava e que pudesse ser replicada para bibliotecas de modo geral.

Assim, por meio de análises de todos os documentos, matrizes e ferramentas que foram construídos no processo e debates foi possível idealizar um produto que atenda a necessidade de proteção aos livros, documentos, estantes de modo geral das bibliotecas independentemente do tamanho dessas, e que ao mesmo tempo contemple os requisitos de engenharia que foram estabelecidos a partir das necessidades.

Figura 4 – Etapas do projeto conceitual



Fonte: Adaptado Rozenfeld *et al.* (2006).

4 RESULTADOS

Entender um problema e solucioná-lo é um processo que exige dedicação, embasamento teórico e muitas etapas. Neste trabalho, o objetivo principal era entender um problema complexo e encontrar uma solução eficaz. Para alcançar esse objetivo, seguimos um processo cuidadoso e metódico, que envolveu várias etapas fundamentais:

4.1 Necessidades dos Clientes

Na história da humanidade nunca se presenciou um mercado tão globalizado quanto o atual. Nesse contexto é possível adquirir produto de inúmeras partes do globo, contando com variedade de ofertas competitivas entre as empresas o que gera preços mais acessíveis e uma busca mais acentuada por qualidade perceptível no produto. Assim, nunca foi tão importante entender assertivamente as necessidades do cliente e atendê-las no produto final. Após as entrevistas com os clientes foram mapeadas 14 principais necessidades.

Para encontrar essas necessidades realizou-se entrevistas com os interessados chaves, e as principais necessidades em função de cada fase do ciclo de vida do produto é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais necessidades dos clientes em função da fase do ciclo de vida

Características	Funcionamento	Econômico	Segurança	Confiabilidade	Modularidade
Produção e Montagem		Ser fácil de fabricar; Ter custo baixo de fabricação.			
Transporte e armazenagem		Ser fácil de transportar e armazenar.			
Instalação		Ser fácil de instalar.			
Função	Ter detecção eficiente; Ter acionamento eficiente; Ter extinção rápida.	Ter preço competitivo.	Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio.	Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente).	

Uso	Ter diferentes formas de acionamento; Ser adaptável	Ter baixa intervenção estrutural para instalação.	Promover extinção sem causar danos no local.	Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão).	Ter elevada resistência (em todos os módulos).
Inspeção		Ter fácil inspeção.			
Manutenção		Ser fácil/rápido de realizar manutenção; Ter custo baixo de manutenção.			

Fonte: Elaborado pelos autores.

No entanto, sabe-se que é impossível que um produto consiga cumprir todas essas necessidades da mesma maneira, com a mesma intensidade e viés, visto que algumas delas podem ser inclusive contrárias umas às outras. Dessa forma, para que a tradução dessas necessidades em um produto físico se tornasse um processo mais objetivo utilizou-se a Matriz QFD para que as necessidades fossem transformadas em requisitos de engenharia. A ferramenta por sua vez também possibilita que esses requisitos sejam organizados em um ranking para entender o que é mais importante e crucial no produto para que haja satisfação por parte do cliente final e solucione-se o problema inicial.

4.2 Matriz QFD

No primeiro quadro da matriz as 14 necessidades dos clientes foram agrupadas a três diferentes clientes: Corpos de bombeiros (01), Empresa (04), Cliente final (09). Cada cliente possui um peso de influência sendo respectivamente 20%, 30% e 50%. Além disso, cada cliente atribuiu a(s) sua(s) necessidade(s) uma nota, que demonstra a importância e valor dessa necessidade ser cumprida na visão do cliente, a nota pode variar entre os valores 03, 06 e 09 que significam fraca, média e alta importância.

Na parte superior estão as características da qualidade ou requisitos de engenharia que são formas mensuráveis de perceber e testar as necessidades dos clientes, sendo que cada uma delas pode se tornar um ou mais requisitos, na matriz QFD gerada chegou-se a 21 requisitos. Nesse sentido, o próximo passo consistiu

em determinar a relação entre a necessidade e o requisito, existindo três opções para isso: 0 – Nula; 01 – Fraca; 03 – Média; 06 – Forte.

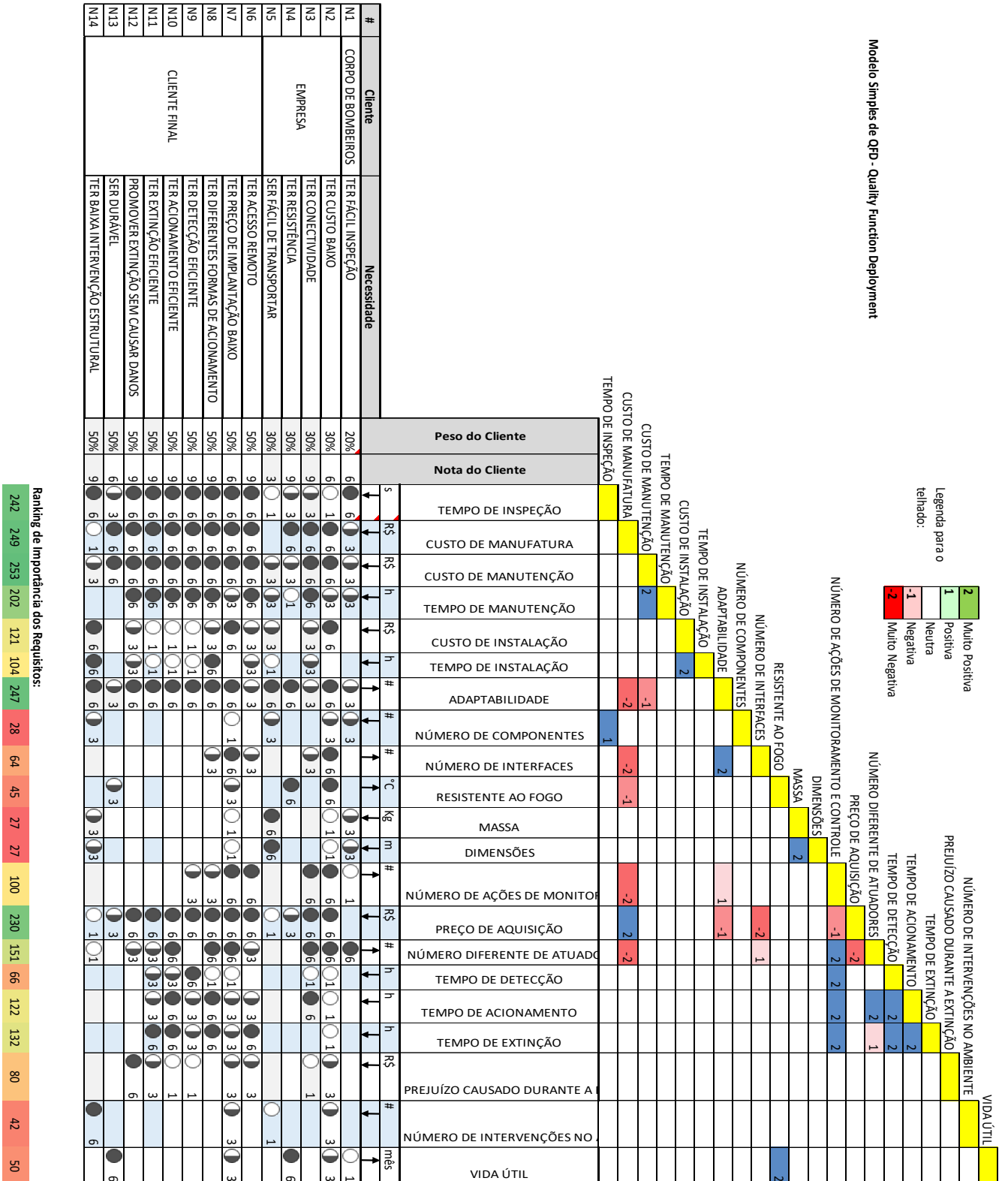
Em contrapartida os requisitos podem ser contraditórios entre si, por isso é vital que haja também a análise do inter-relacionamento entre as características de qualidade, essa parte do processo consiste no telhado da matriz. Para determinar a afinidade ou distância dos requisitos definiu-se a relação como muito negativa, negativa, neutra, positiva ou positiva, sendo representada por valores do -2 ao 2.

Por fim, a matriz possibilita que se obtenha a nota de cada requisito para que posteriormente seja elaborado um ranking que determina do mais importante ao menos importante. A equação para chegar a essa nota é:

$$\text{Nota} = \text{Peso do cliente} \times \text{Nota do cliente} \times \text{Valor relação necessidade e requisito}$$

Após calcular a nota de todos os requisitos chegou-se à conclusão que o requisito mais importante é o Custo de manutenção com 253 pontos e os menos importantes são Massa e Dimensões igualmente com 27 pontos. Conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Matriz QFD preenchida



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Matriz Morfológica

A matriz morfológica foi usada para identificar quais as possíveis soluções para cada função definida anteriormente. A partir dela pode-se pensar nas funções como subproblemas a serem resolvidos, e com isso, identificar não só uma forma de solução, mas um conjunto de soluções possíveis para cada um deles.

Inicialmente é feito o trabalho de identificação do problema, ou funções necessárias, para que assim seja possível representar as relações entre as soluções apresentadas. Na primeira coluna foram enumeradas as funções da síntese funcional que foram mapeadas conforme as necessidades do cliente. Assim, realizou-se uma análise das soluções já disponíveis no mercado que correspondem às funções identificadas, apresentadas nas colunas seguintes como S1, S2...S8. Apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Matriz Morfológica

FUNÇÃO		PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA CADA FUNÇÃO DA SÍNTESE FUNCIONAL							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
F1	DEFINIR MECANISMO DE EXTINGÇÃO	 BICO ASPERSOR	 BOLA EXTINTORA	 JATO	 GRANADA	 CANHÃO DE ESPUMA	 VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO	 ROBÓS	 SISTEMA SÔNICO
F2	DEFINIR MÉTODO DE ACIONAMENTO	 ATUADOR ELÉTRICO	 BULBO DE VIDRO /TEMPERATURA	 COMANDO REMOTO	 LANÇADOR	 BOTOEIRA	 MANUAL		
F3	DEFINIR AGENTE EXTINTOR	 ÁGUA	 PÓ QUÍMICO SECO	 ESPUMA	 CO2	 WET CHEMICAL	 NÉVOA DE ÁGUA	 AGENTE LIMPO	
F4	INSTALAR A SOLUÇÃO DE COMBATE	 ESTAÇÃO DE BOMBAS	 TUBULAÇÃO	 CILINDROS	 CABOS SUSPENSOS	 RESERVATÓRIO TÉCNICO DE ÁGUA	 PARAFUSAR	 MÓVEL (SEM INSTALAÇÃO)	 SUPORTE
F5	DETECTAR O INCÊNDIO	 DETECTORES DE TÉRMICOS	 DETECTORES DE FUMAÇA	 DETECTORES DE GÁS	 DETECTORES DE CHAMA	 DETECTORES DE MULTISENSOR	 DETECÇÃO DE FUMAÇA E CHAMA POR MEIO DE IMAGEM	 DETECÇÃO DE INCÊNDIO POR VÍDEO	 CÂMERA DE IMAGEM TÉRMICA

Figura 6 – Matriz Morfológica (continuação)

F6	PROCESSAR INFORMAÇÃO DOS DETECTORES	 CENTRAL DE SUPERVISÃO ENDEREÇÁVEL	 CENTRAL DE SUPERVISÃO CONVENCIONAL						
F7	ALERTAR A PRESENÇA DO INCÊNDIO	 SINALIZAÇÃO AUDIOVISUAL	 SINALIZAÇÃO SONORA	 SINALIZAÇÃO VISUAL	 PLACAS DE SINALIZAÇÃO	 CELULAR/COMPUTADOR			
F8	MONITORAR E CONTROLAR O AMBIENTE	 MONITORAMENTO REMOTO PROFISSIONAL	 VISUAL	 MONITORAMENTO REMOTO POR USUÁRIOS	 CONECTADO A BRIGADA DO CORPO DE BOMBEIROS				

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 Proposta de Produto

A partir dos estudos realizados, foi possível apresentar uma proposta de solução para proteção do patrimônio das bibliotecas. A proposta é uma solução que evite a propagação de incêndios, para isto, foi pensado na atuação de sensores, sejam eles de fumaça ou calor, que quando acionados liberam uma manta antichamas que impeça o avanço do fogo, visando o menor dano possível ao material. O princípio de funcionalidade é pelo abafamento, que consiste na retirada de oxigênio para encerrar o processo de combustão.

Cada estante necessitará de uma cabine que comportará a manta, que a depender dos estragos causados pelo princípio de incêndio poderá ou não ser reutilizadas. A manta vai encapsular a estante impedindo que o oxigênio entre e alimente o fogo, o modelo permite flexibilidade no tamanho de estante e também pode envolver outras adaptações. Ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Proposta de solução para proteção de incêndios em bibliotecas



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 CONSIDERAÇÕES

A importância da compreensão das necessidades dos clientes em um mercado globalizado e altamente competitivo é imprescindível no cenário atual. Nesse sentido, o presente estudo permitiu a identificação das prioridades, assim como definiu a relação entre as necessidades dos clientes e os requisitos de engenharia, através do processo estruturado que envolveu o mapeamento das necessidades, a aplicação da matriz QFD e da matriz morfológica. Em resumo, cada ferramenta utilizada na definição da solução mostra aspectos diferentes do produto, demonstra também que o mesmo produto é composto por diversos fatores e mapeia vários aspectos das diferentes necessidades sentidas pelo cliente.

Nesse contexto, a matriz QFD desempenhou um papel fundamental na priorização dos requisitos de engenharia, destacando o custo de manutenção como o mais importante e identificando requisitos menos cruciais, como Massa e Dimensões cujo principal efeito foi direcionar o foco para os aspectos mais críticos

do desenvolvimento da solução, a matriz morfológica, por sua vez, permitiu a exploração de múltiplas soluções para as funções identificadas. Essas aplicações culminaram em uma proposta de solução para a proteção do patrimônio das bibliotecas, que consiste em um sistema de proteção baseado em sensores de fumaça ou calor, que acionam uma manta antichamas, a qual quando solta protege as estantes onde estão dispostos os itens que serão protegidos, assim, essa abordagem inovadora, que envolve o princípio de abafamento, promete minimizar os danos ao acervo das bibliotecas e oferece flexibilidade em termos de adaptação a diferentes estantes e necessidades.

Portanto, esta solução esclarece o entendimento das necessidades dos clientes, mas também fornece uma ideia concreta e promissora para proteger o valioso patrimônio das bibliotecas. A metodologia utilizada pode servir de base para o desenvolvimento de soluções em outras áreas, destacando a importância da integração de métodos estruturados na busca por inovação e satisfação do cliente. Ressalta-se também que se considerou em todo momento um custo praticável ao mercado e a ampla utilização do equipamento.

Para trabalhos futuros, sugerimos explorar ainda mais a otimização do produto, considerando a evolução das tecnologias e as mudanças nas demandas do mercado. Além disso, a realização de testes de protótipos e a coleta de feedback dos clientes podem aprimorar ainda mais a qualidade e a usabilidade do produto.

REFERÊNCIAS

ABREU, Pollyanna Silva. **Desenvolvimento da voz do cliente no desdobramento da função qualidade (QFD): aplicação em projetos de cadeira de rodas.** Tese de Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010. p.131.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment: integrando os requisitos dos clientes no design do produto.** Cambridge: Productivity Press, 1990. 369 p.

AKAO, Y. **Quality function deployment: integrando requisitos do cliente ao design do produto.** Traduzido por Glenn H. Mazur. Cambridge: Productivity Press, 1990.

ALMEIDA, Guaracy Vieira de. **Incêndios em Bibliotecas**: estudo sobre os métodos de prevenção e combate ao fogo. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/24448/GUARACY%20V.%20DE%20ALMEIDA%20%282021%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 ago. 2023.

ALTSHULLER, G. **O Algoritmo de Inovação**: TRIZ, Inovação Sistemática e Criatividade Técnica. Worcester: Technical Innovation Center, 2000.

ASI. **Quality Function Deployment**: workshop de 3 dias - manual de implementação. Dearborn: ASI, 1993.

BRUSHLINSKY, NN; AHRENS, M.; SOKOLOV, SV; WAGNER, P. **Estatísticas mundiais de incêndios**. Centro de Estatísticas de Incêndios. Relatório, 24. Associação Internacional de Serviços de Incêndio e Resgate, 2019.

CHEN, S.; KAMARUDIN, KM; YAN, S. Analisando a sinergia entre HCI e TRIZ na inovação de produtos por meio de uma revisão sistemática da literatura. **Advances in Human-Computer Interaction**, v. 2021, n. 1, p. 6616962, 2021.

COMEFOGO. **Quais são os métodos de extinção do fogo?** Disponível em: <https://www.comefogo.com.br/quais-sao-os-metodos-de-extincao-do-fogo#:~:text=Extin%C3%A7%C3%A3o%20qu%C3%ADmica,de%20outra%20mistura%20n%C3%A3o%20inflam%C3%A1vel.>. Acesso em: 24 out. 2023.

DE FALANI, SYA; TORKOMIAN, ALV; GODINHO FILHO, M.; TINOCO, D. J. B. **A utilização da prospecção tecnológica no processo de desenvolvimento de produtos**: uma revisão sistemática da literatura. Realização, 142, 2019.

DE MELLO, M. H. F. **TRIZ - Teoria da Solução de Problemas Inventivos**: Uma abordagem na engenharia química. 2012. 92 f. Monografia de conclusão de curso - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2012.

FONSECA, Antonio Jorge Hernández. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000. p.198.

GINTING, R.; SATRIO, MR **Desenvolvimento de produtos com implantação de função de qualidade (QFD)**: uma revisão de literatura. *In*: IOP CONFERENCE SERIES: CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS, v. 1003, n. 1, p. 012022, dez. 2020. IOP Publishing.

HAUSER, JR; CLAUSING, D. **A casa da qualidade**. Harvard Business Review, n. 3, p. 63-73, 1988.

ISHAK, NM; SIVAKUMAR, D.; MANSOR, M. R. **Aplicação de TRIZ em laminado metálico de fibra natural para redução de peso do capô dianteiro de automóvel.** Revista da Sociedade Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas

KING, Bob. **Melhores projetos na metade do tempo:** Implementando a implantação da função de qualidade do QFD na América. 3. ed. Massachusetts: G

LIU, Hao-Tien; CHENG, Hung-Sheng. Uma abordagem de implantação de função de qualidade cinza aprimorada usando a técnica TRIZ cinza. **Computadores e Engenharia Industrial**, v. 92, p. 57-71, 2

MARCONDES, José Sérgio. **Métodos de Extinção do Fogo:** combate a incêndio. Combate a Incêndio, 2017. Disponível em: <https://gestaodesegu.pentear/conhecide--extinto-fazer--fogo/#googlevnheta>. Acesso em: 24 out. 2023.

NAVEIRO, Ricardo Manfredi; OLIVEIRA, Vinicius Motta de. Integração QFD e TRIZ no desenvolvimento de produtos: um modelo para otimização sistemática de requisitos de engenharia. *Produção*, v. 28, 2018.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Projeto de Engenharia:** uma Abordagem Sistemática. Ed. Springer Verlag, 1996.

PORTAL DA ESTRATÉGIA. **Definição de Projeto.** 21 de fora. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/ptbr/pt-br/assuntos/portal-da-estrategia/definicao-de-projeto#:~:text=Segundo%20o%20PMBOK%2C%20um%20projeto,produto%2C%20serviço%20ou%20resultado%20exclusivo>. Acesso em: 24 out. 2023.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** Tese Doutorado em Projetos de Sistemas Mecânicos CTC/EMC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produtos:** Uma Referência para a Melhoria do Processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANCHES, VR *et al.* O Projeto Informacional do Desenvolvimento de uma Impressora 3D. *In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.* Fortaleza, Ceará, 2015.

SHAOBO, Li; MA, Yuqin; LIU, Yaqing. *Uma pesquisa de modo integrado de QFD e TRIZ e suas aplicações.* *In: SECOND INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING*, 2009, v. 1, p. 548-552, 2009.

SILVA, CRN *et al.* O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) aplicado no desenvolvimento de um mala show room de CFTV. *In: ISTI/SIMTEC, Anais [...]*, Aracaju/SE – 19 a 21/09/2018. v. 9, n. 1, p. 344-353.

SILVA, G. B. L. **QFD integrado com TRIZ: um estudo de suas aplicações e impactos em uma indústria de válvulas automotivas.** Gustavo Borges Lisboa Silva; orientador Gustavo Aristides Santana Martinez. Lorena, 2015. 68 p.

SOUZA, Talita de. **Incêndio no Museu Nacional no Rio de Janeiro completou três anos**; lembre-se. Correio Brasiliense. Brasília, 2 de set. 2021. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2021/09/4947344-incendio-no-museu-nacional-no-rio-de-janeiro-completa-tres-anos-relembre.html>. Acesso em: 24 out. 2023.

ULRICH, KT; EPPINGER, S. D. **Design e desenvolvimento de produtos.** 6 ed. Estados Unidos da América: The McGraw-Hill Companies, 2015.

VARNIER, T.; FETTERMANN, D. D. E. C.; MERINO, G. A. D. **Processo de desenvolvimento de produtos no vestuário: uma revisão sistemática de modelos de auxílio à prática projetual de produtos de moda.** Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 2, p. 41-58, 2021. DOI : <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.171529>.

WANG, H.; FANG, Z. G.; WANG, D. A.; LIU, S. F. Uma abordagem integrada fuzzy QFD e grey decision-making para design de qualidade colaborativa da cadeia de suprimentos de grandes produtos complexos. **Computers & Industrial Engineering**, v. 140, p. 106212, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106212>

WEIJIE, J. I. A. Pesquisa e aplicação de processo de design de produto mecânico baseado em integração QFD e TRIZ. *In: JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES.* IOP Publishing, 2020. p. 012088.

YANG, W.; CAO, G.; SUN, Y. Inovações radicais efetivas usando QFD e TRIZ integrados. **Computers & Industrial Engineering**, v. 162, p. 107716, 2021.

YEH, CH; HUANG, Jay, C. Y.; YU, C. K. Integração de QFD de quatro fases e TRIZ em P&D de produtos: um estudo de caso de notebook. **Research in Engineering Design**, v. 22, n. 3, p. 125-141, 2011.

Autor(es)

Geovana Pires Lima

Bacharela em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Santa Cruz- UESC. Mestre em Modelagem Computacional pela Universidade Estadual de Santa Cruz. Doutora em Gestão E Tecnologia Industrial (PPG GETEC), pelo SENAI CIMATEC. Atua como professora do curso de Engenharia Química na Universidade Estadual de Santa Cruz, no Departamento de Engenharias e Computação. Com pesquisas relacionadas com desenvolvimento de produto, uso de realidade virtual aplicada à indústria do cacau e chocolate.

Caio Leonardo Ferreira dos Santos

Graduando no curso de Engenharia de produção na Universidade Estadual de Santa Cruz. Expertise em planejamento e controle, desenvolvimento de sistemas em excel e VBA, automatização de processos com VBA e SAP scripting, análise de dados com aplicação de ferramentas estatísticas e estratégia de negócios. Pesquisador voluntário no projeto de iniciação científica com ênfase em projeto do produto, com trabalhos publicados em simpósios de Iniciação científica.

Sabrina Pereira Farias Fernandes

Aluna do 9º semestre de Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Santa Cruz, com sólida experiência em automatização de processos e melhoria contínua aplicada a serviços. Habilidades avançadas em Excel, conhecimento básico em JavaScript e linguagem C. Pesquisadora voluntária em projeto de iniciação científica com ênfase em projeto do produto, tendo contribuído com trabalhos publicados em simpósios de iniciação científica.

Luiza de Souza Ferreira

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Santa Cruz em 2024.1, no momento atuando como Analista de Qualidade na planta de Ilhéus-BA do Barry Callebaut Group. Pesquisadora voluntário no projeto de iniciação científica com ênfase em projeto do produto, com trabalhos publicados em simpósios de Iniciação científica.

Daniel Pires Araujo Lima

Bacharel em Matemática pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC (2016), Mestre e Doutor em Matemática pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2023). Tem interesse na área de Dinâmica de Fluido em Equações Diferenciais Parciais. Atua como professor na área da Matemática, na Universidade Estadual de Santa Cruz.



Artigo recebido em: 15/05/2024 e aceito para publicação em: 09/09/2024
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v24i4.5285>